

**Proposta metodológica de
mapeamento do uso e cobertura da
terra de extensas áreas por meio de
multissensores**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 101

Proposta metodológica de mapeamento do uso e cobertura da terra de extensas áreas por meio de multissensores

*Gustavo Bayma Siqueira da Silva
Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann
Daniel de Castro Victoria
Luiz Eduardo Vicente*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Av. Soldado Passarinho, 303 - Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Fone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cnpm.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Cristina Criscuolo

Secretária-Executiva: Bibiana Teixeira de Almeida

Membros: Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann,
Fabio Enrique Torresan, Janice Freitas Leivas, Ricardo Guimarães Andrade,
Shirley Soares da Silva e Vera Viana dos Santos

Supervisão editorial: Cristina Criscuolo

Revisão de texto: Bibiana Teixeira de Almeida

Normalização bibliográfica: Vera Viana dos Santos

Editoração eletrônica: Shirley Soares da Silva

1ª edição

Versão eletrônica (2013)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Monitoramento por Satélite

Silva, Gustavo Bayma Siqueira da.

Proposta metodológica de mapeamento do uso e cobertura da terra de extensas áreas por meio de multissensores / Gustavo Bayma Siqueira da Silva, Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann, Daniel de Castro Victoria, Luiz Eduardo Vicente. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013.

20 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 101).
ISSN 0103-7811.

1. Fotografia aérea. 2. Cobertura do solo. 3. Mapa temático. 4. Sensoriamento remoto. I. Loebmann, Daniel Gomes dos Santos Wendriner. II. Victoria, Daniel de Castro. III. Vicente, Luiz Eduardo. IV. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). V. Título. VI. Série.

Autores

Gustavo Bayma Siqueira da Silva

Geógrafo, Mestre em em Sensoriamento Remoto,
analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
gustavo.bayma@embrapa.br

Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann

Geógrafo, Mestre em Geografia, analista da Embrapa
Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
daniel.gomes@embrapa.br

Daniel de Castro Victoria

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Energia Nuclear na Agricultura,
pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
daniel.victoria@embrapa.br

Luiz Eduardo Vicente

Geógrafo, Doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa
Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
luiz.vicente@embrapa.br

Sumário

| | |
|--------------------------|-----------|
| Introdução | 9 |
| Metodologia..... | 9 |
| Conclusão | 18 |
| Referências | 18 |

Proposta metodológica de mapeamento do uso e cobertura da terra de extensas áreas por meio de multissensores

Gustavo Bayma Siqueira da Silva

Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann

Daniel de Castro Victoria

Luiz Eduardo Vicente

Introdução

Em levantamentos de uso e cobertura da terra, produtos de sensoriamento remoto são fontes de informação para a produção de mapas temáticos, principalmente as imagens de sensores orbitais (ANDERSON, 2004; ARAGÃO et al., 2005; COURA, 2005; LIMA et al., 2012; PELOSO; SHIMABUKURO, 2010; VASCONCELOS; NOVO, 2004). Os mapas servem como subsídio ao poder público no gerenciamento, planejamento e na execução de projetos de desenvolvimento econômico no âmbito global, continental, nacional, estadual e municipal, bem como no planejamento territorial e ambiental (DIAS et al., 2002).

Como exemplo prático do mapeamento em larga escala utilizando dados multissensores, tem-se o monitoramento de mudanças de uso e cobertura da terra causadas por ações antrópicas, por meio da qualificação da distribuição e quantificação da cobertura vegetal natural ou modificada.

Os levantamentos usados no método apresentado nesta publicação foram feitos por meio de mapas temáticos impressos em cartas ou de fotografias tiradas a bordo de aeronaves. A área utilizada era, portanto, limitada, em decorrência da pequena abrangência dos dados obtidos por aerolevantamentos aliada ao problema de que os intervalos de tempo entre os levantamentos não eram suficientemente pequenos para mapear as dinâmicas de mudança de uso da terra (SHIMABUKURO et al., 1998; JENSEN, 2000), principalmente aquelas decorrentes do processo antrópico, tais como: desmatamentos, queimadas ou introdução de culturas agrícolas (BROWN et al., 2013; LIMA et al., 2012; SHIMABUKURO, et al., 2009; SILVA et al., 2011).

O desenvolvimento da corrida espacial impulsionou o progresso tecnológico e, dessa forma, as fotografias foram substituídas por imagens de satélite, oriundas de plataformas na órbita terrestre. O sensoriamento remoto orbital trouxe algumas vantagens: i) a sistematização da coleta de dados; ii) aquisição de parâmetros biofísicos; e iii) os dados coletados podem abranger extensas áreas (SHIMABUKURO et al., 1998; JENSEN, 2000).

Alguns projetos com uso de sensoriamento remoto podem ser descritos no que diz respeito a mapeamentos de larga escala no Brasil. Na escala continental, pode ser destacado o Projeto Radar na Amazônia (Radam), iniciado em 1970. Ele foi publicado em 1983 e objetivou coletar dados sobre recursos minerais, solos, vegetação, uso da terra e cartografia da Amazônia na escala de 1:250.000. Em julho de 1975, o levantamento foi expandido para o restante do território nacional e passou a ser executado pelo Projeto Radambrasil. A plataforma de coleta foi o avião Caravelle, com altitude média de voo de 12 km e sistema de radar imageador Goodyear Mapping System 1000 (GEMS), operante na banda X. Em relação à vegetação, a legenda adotada foi a de Velloso et al. (1991), que adaptou a vegetação brasileira a um sistema de classificação universal (ESCOBAR et al., 2005).

O Programa de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia (Prodes), iniciado de forma analógica em 1988, tornou-se digital em 2003 e hoje fornece a taxa anual de desflorestamento da Amazônia Legal. Em sua metodologia, são utilizadas imagens do sensor TM/Landsat na época de seca, de julho a setembro, período com menor cobertura de nuvens (CÂMARA et al., 2006).

O Prodes ainda era insuficiente para fornecer uma base de informações para programas governamentais, pois a escala de tempo anual não permitia ações efetivas contra os desmatamentos, uma vez que a retirada da cobertura vegetal só poderia ser detectada e divulgada algum tempo após a sua ocorrência. Com base nesta premissa, o Projeto de Detecção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real (Deter) foi instituído, na mesma abrangência do Prodes, principalmente para atender a necessidade de dar respostas rápidas às ações de desmatamento.

No Deter, foram adotadas imagens do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (Modis) em razão da sua alta resolução temporal, que permitia o monitoramento quase em tempo real das ações antrópicas. Em termos de metodologia, o Deter seria a aplicação da metodologia do Prodes às imagens do sensor Modis. São, portanto, projetos que atuam de forma complementar, já que o Prodes tem objetivo mais quantitativo, visando a taxa de desmatamento, e o Deter dispõe de informações qualitativas, acompanhando as ações antropogênicas (SHIMABUKURO et al., 2005).

Em razão das indicações do crescimento da degradação florestal da Amazônia obtidas a partir dos dados do Deter, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) desenvolveu o projeto Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira (Degrad) no ano de 2008. É um sistema mais recente que tem como objetivo principal mapear, em detalhe, áreas de floresta com tendência a serem convertidas para corte raso. Este projeto utiliza imagens feitas pelos satélites Landsat e CBERS de locais onde a cobertura vegetal natural ainda não foi totalmente removida e as quais não são analisadas pelo Prodes (INPE, 2013a).

Outro projeto de mapeamento de larga escala é o TerraClass, que objetiva qualificar o desflorestamento da Amazônia Legal. Como resultado, tem-se o mapeamento do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas mapeadas pelo Prodes até o ano de 2010. A execução do projeto ocorre sob coordenação do Centro Regional da Amazônia do Inpe (INPE/CRA). Os dados disponíveis permitem fazer uma avaliação da dinâmica do uso e ocupação das áreas desflorestadas, possibilitando a comparação entre o mapeamento TerraClass 2008 e o TerraClass 2010. A legenda que qualifica o uso da terra adota as seguintes classes: agricultura anual, área urbana, mineração, pasto com solo exposto, pasto limpo, pasto sujo, reflorestamento, regeneração com pasto e vegetação secundária (INPE, 2013b).

De modo semelhante ao TerraClass, o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (Probio) fez o levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Esse levantamento utilizou imagens TM/Landsat do ano de 2002 e adotou a legenda do “Manual técnico da vegetação brasileira” para as áreas de remanescentes da cobertura vegetal (IBGE, 2012). Ademais, as áreas antropogênicas foram discriminadas em: áreas com influência urbana, com influência por mineração, reflorestamento, pastagens e áreas agrícolas (BRASIL, 2013).

A atualização das informações geradas pelo Probio foi iniciada em 2008 no Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS), que visa fortalecer a proteção dos biomas brasileiros além da Amazônia, ao aprimorar a ação do Estado no monitoramento e na quantificação das mudanças na cobertura vegetal por meio da interpretação visual de imagens TM/Landsat. O projeto permite subsidiar ações de fiscalização, uma vez que o mapeamento é atualizado anualmente. Diferentemente do Probio, o PMDBBS utiliza apenas duas classes: áreas de remanescentes de vegetação natural e áreas antropogênicas (IBAMA, 2013).

Os projetos citados não apresentam informação do uso e cobertura da terra de toda a extensão da área de estudo, o Maranhão. Projetos que adotaram a Amazônia Legal como área de estudo acabaram por abranger a região do Estado que se encontra a leste do meridiano de 44°, por exemplo: RadamBrasil, Prodes e TerraClass. Informações obtidas do Probio mostram incoerência entre as classes de uso nos biomas Amazônia e Cerrado. Na Amazônia, foi utilizado o termo “agropecuária” enquanto no Cerrado essa classe foi dividida em “áreas agrícolas” e “áreas de pastagens”, o que demonstra a dificuldade de adoção de uma única legenda para diferentes biomas.

Ainda, o mapeamento de uso e cobertura da terra constitui um dos instrumentos/resultados fundamentais para os processos de zoneamento ecológico econômico (ZEE), segundo o Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002 (BRASIL, 2002). Dessa forma, o presente trabalho visa descrever o método utilizado na geração do mapa de uso e cobertura da terra do Estado do Maranhão, na escala de 1:250.000 e do ano de 2010, como parte do macrozoneamento ecológico-econômico (MacroZEE) do referido estado.

Metodologia

A área de estudo onde o método de classificação foi aplicado corresponde ao Estado do Maranhão, que é dividido entre os biomas Amazônia (34,8%), Caatinga (1,1%) e Cerrado, com este último prevalecendo em 64,1% do território (Figura 1). A estação chuvosa vai de dezembro a fevereiro no sul do estado, de janeiro a março no centro, de fevereiro a abril no norte do estado e de março a maio na planície costeira. No exame da distribuição da temperatura do ar ao longo do ano, duas características devem ser consideradas: a do litoral e a do interior. No litoral, as maiores temperaturas ocorrem no período que antecede a estação chuvosa, com baixa nebulosidade e elevada insolação. No outono, acontece o inverso, com ocorrência de temperaturas mais baixas (UEMA, 2002).

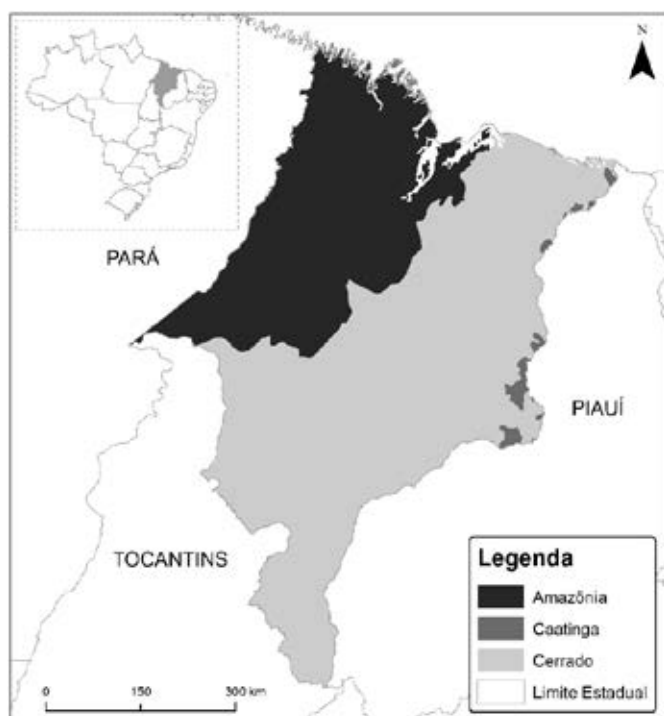


Figura 1. Localização da área de estudo.

O método para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra do Estado do Maranhão foi desenvolvido em duas etapas, sendo a primeira delas o mapeamento das áreas antropogênicas. Finalizado este mapeamento, foram recuperadas as áreas de cobertura vegetal natural obtidas do mapeamento do Probio, do ano 2002. A sobreposição da informação de uso da terra em 2010 às áreas de cobertura natural de 2002 permitiu a identificação dos remanescentes de cobertura vegetal natural em 2010. Áreas antropogênicas mapeadas em 2002 foram atualizadas para o ano de 2010, e, nos casos em que foram classificadas como antropogênicas em 2002 e que não foram mapeadas em 2010, foram consideradas como áreas de vegetação secundária.

O mapeamento das classes antropogênicas consistiu primeiro na obtenção de imagens TM/Landsat, disponibilizadas no catálogo “Earth Explorer” do Serviço Geológico do Estado Unidos (USGS). Nesse catálogo, foram selecionadas as imagens com correção geométrica “level 1 – L1T”. Esse produto utiliza dados de referência de campo (*groundcontrol points*, GCPs) e dados de elevação digital do terreno (DEM) para obter a melhor acurácia possível da superfície terrestre. Para o recobrimento da área de estudo, são necessárias 22 cenas, porém, para algumas cenas foram obtidas mais imagens em diferentes datas, em decorrência da presença de nuvens. A Tabela 1 apresenta as datas de aquisição de cada cena utilizada.

Tabela 1. Imagens TM/ Landsat utilizadas no mapeamento do uso e cobertura da terra do Estado do Maranhão no ano de 2010.

| Órbita-ponto | Data | Órbita-ponto | Data |
|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 219-62 | 5/6/2010 | 221-62 | 5/7/2010 |
| 219-63 | 12/1/2010 | 221-63 | 5/7/2010 |
| 219-63 | 5/6/2010 | 221-64 | 5/7/2010 |
| 219-64 | 7/7/2010 | 221-65 | 22/8/2010 |
| 219-65 | 7/7/2010 | 221-66 | 7/9/2010 |
| 220-62 | 4/2/2010 | 221-67 | 5/7/2010 |
| 220-62 | 15/8/2010 | 222-61 | 10/6/2010 |
| 220-63 | 26/6/2010 | 222-61 | 26/6/2010 |
| 220-64 | 4/2/2010 | 222-62 | 26/6/2010 |
| 220-64 | 15/8/2010 | 222-63 | 26/6/2010 |
| 220-65 | 15/8/2010 | 222-64 | 13/8/2010 |
| 221-61 | 19/6/2010 | 222-65 | 26/6/2010 |
| 221-61 | 5/7/2010 | 223-63 | 5/9/2010 |
| 221-62 | 19/6/2010 | 223-64 | 5/9/2010 |

Para eliminação dos pixels com nuvens, foi utilizada uma adaptação da metodologia Fmask desenvolvida por Zhu e Woodcock (2012). Esta metodologia baseia-se na aplicação de uma série de regras baseadas nas propriedades físicas das nuvens e das sombras de nuvens. Essas regras foram aplicadas aos dados das imagens Landsat, de forma a separar os pixels que apresentam maior probabilidade de ser nuvem (*potential cloud pixels*, PCPs). Em seguida, usando o Fmask, foram gerados índices com a probabilidade de ocorrência de nuvens sobre a superfície terrestre e corpos d’água, separadamente. Por fim, os PCPs e os índices de probabilidade foram utilizados conjuntamente para derivar a camada com a distribuição espacial das nuvens. As áreas de sombra de nuvens foram estimadas no Fmask por meio da aplicação de uma técnica de detecção de áreas que são muito mais escuras que o próprio entorno.

O procedimento original da metodologia consiste em avaliar as nuvens e sombras de acordo com as propriedades geométricas dos formatos dessas áreas, eliminando aquelas que são geometricamente incoerentes. No entanto, esta etapa foi substituída por uma série de adaptações em que foram incluídas novas regras empíricas, baseadas nos dados observados nas imagens de satélite. Os pixels das imagens considerados pelo Fmask como nuvens ou sombras foram substituídos pelos pixels de outra imagem sem nuvens da mesma órbita-ponto, obtida numa data diferente. Deve-se levar em conta que esse processamento

gera imagens com valores de reflectância alterados e que, por esse motivo, são utilizadas apenas para procedimentos de classificação visual. Desse modo, a diferença entre as condições hidrológicas das imagens utilizadas nesse método não atrapalha a classificação do uso da terra, já que nenhum método automático de classificação baseado em propriedades físicas da imagem foi utilizado. A Figura 2 mostra um exemplo de imagem processada usando esse método, em que uma das imagens foi obtida no período seco e a outra foi obtida no período úmido.

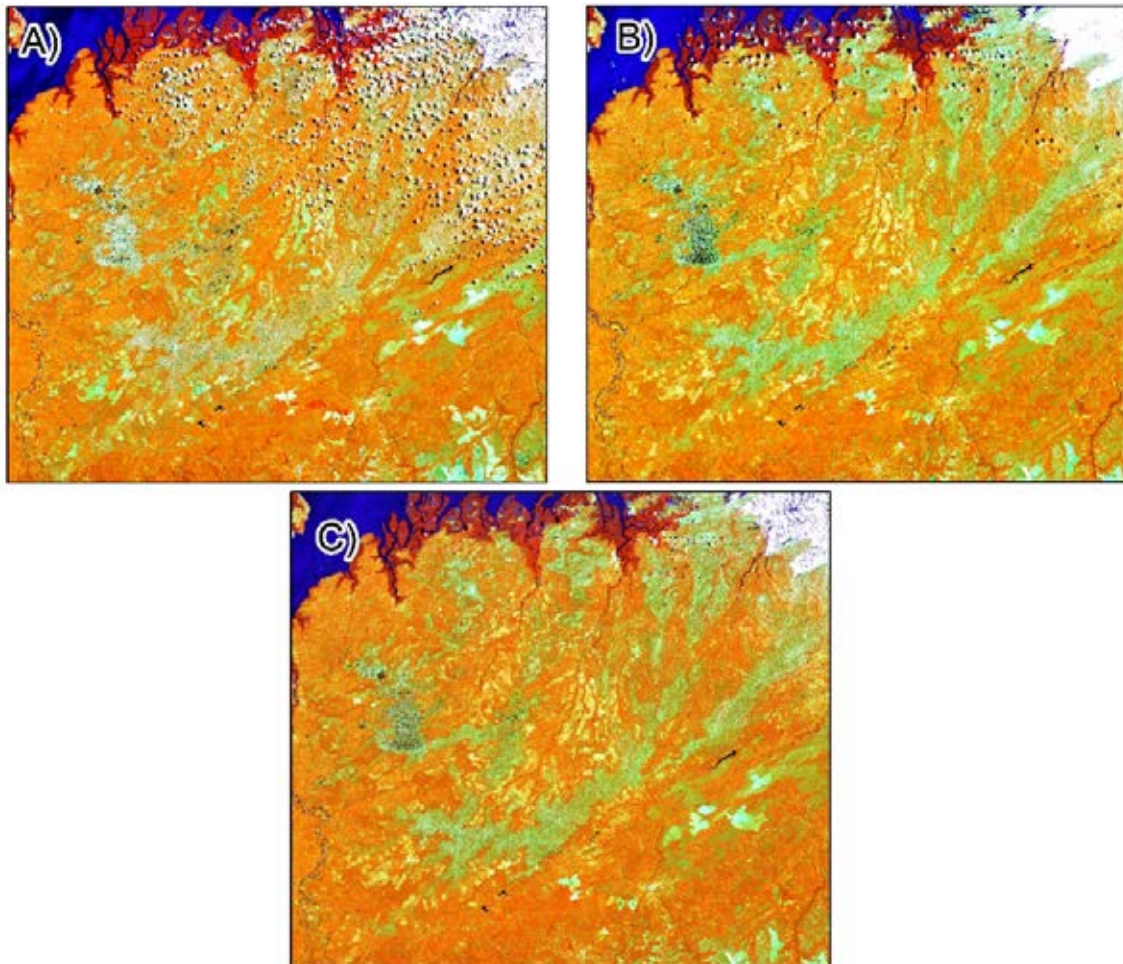


Figura 2. a) imagem TM/Landsat 220-62 de 4/2/2010; b) imagem TM/Landsat 220-62 de 15/8/2010; e c) imagem híbrida resultante do processo de eliminação de nuvens.

Após a aquisição e eliminação das áreas com grande ocorrência de nuvens, o aplicativo Spring (CÂMARA et al., 1996) foi utilizado para a montagem do banco de dados geográficos (BDG), onde cada imagem foi segmentada. A segmentação é um processo onde a imagem é dividida em regiões que devem corresponder a áreas de interesse da aplicação, representadas por um conjunto de “pixels” contínuos (Figura 3). A opção pela segmentação das imagens baseou-se no fato de que a automatização desse procedimento conduz a ganhos em termos de redução de custo e tempo no que diz respeito à geração dos polígonos que serão classificados (NASCIMENTO; ALMEIDA FILHO, 1996; SANO et al., 2008). Optou-se pela área mínima mapeada de 10 ha. Após o processo de segmentação, os planos de informação criados foram exportados no formato *shapefile*, para posterior inserção em um banco de dados geoespacial (PostGIS) e interpretação visual no aplicativo de sistema de informações geográficas (SIG) Quantum GIS (QGIS).

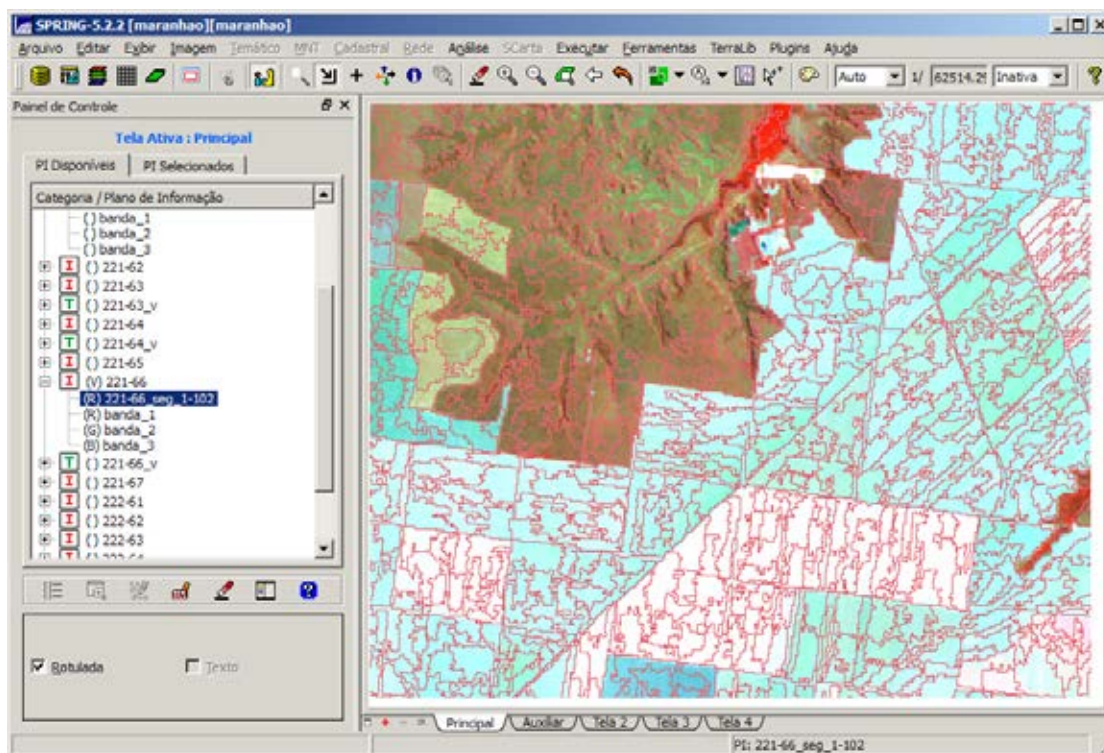


Figura 3. Interface do aplicativo Spring ilustrando o resultado do processo de segmentação das imagens TM/Landsat.

A utilização do banco de dados geoespaciais (PostGIS) juntamente com o aplicativo QGIS levou em consideração os seguintes aspectos:

- É um software livre, de código aberto, que dispensa aquisição de licenças comerciais (tanto PostGIS quanto QGIS).
- O banco de dados PostgreSQL, juntamente com a extensão que possibilita o uso de dados espaciais, PostGIS, são plataformas robustas, estáveis e que suportam grande quantidade de dados. Esta solução vem sendo utilizada com sucesso em missões de grande porte, como o banco de dados geoespaciais de alguns projetos do Centro de Sensoriamento Remoto do Ibama¹ e o banco de dados espaciais do Visualizador de dados da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (Inde), do IBGE. Também é utilizada pela Comissão de Águas do Estado de Dakota do Norte (EUA), por empresas de distribuição de imagens de satélite, pelo Instituto Geográfico Nacional da França, entre outros (REFRACTIONS, 2013).
- O banco de dados é multiusuário, com acesso remoto. Tal funcionalidade permite que os dados os classificados fiquem armazenados em um repositório central, de fácil manutenção e backup, eliminando a necessidade de transferência de arquivos entre os intérpretes.
- O aplicativo *desktop* de SIG (QGIS) tem interface amigável, semelhante às soluções comerciais existentes, e capaz de trabalhar com um amplo formato de dados espaciais, o que possibilita utilizar dados oriundos da internet (Google Earth) armazenados em bancos de dados remotos (PostGIS) e dados locais (arquivos *shapefile* e imagens de satélite).

¹ Comunicação pessoal: Luiz Pacheco Motta.

A segmentação das imagens do sensor Landsat TM resultou em um total de 1,71 milhão de polígonos. Os polígonos gerados foram cruzados com a máscara de áreas antropogênicas de 2010 (PMDBSS) de forma que cada intérprete recebeu um conjunto de polígonos (cena) com uma pré-classificação dividida em áreas de cobertura vegetal natural ou antropogênica, da imagem correspondente à sua área de trabalho. Após a verificação dessa pré-classificação, os intérpretes iniciaram a classificação do uso da terra nas áreas antropogênicas (Figura 4).

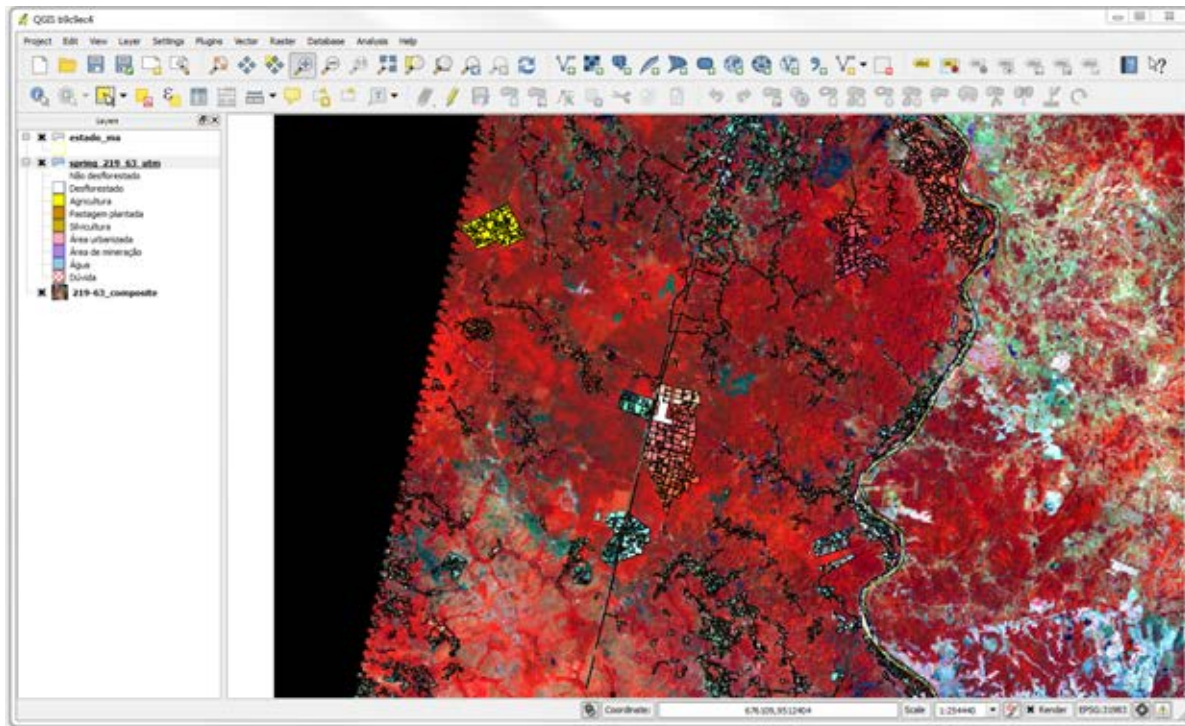


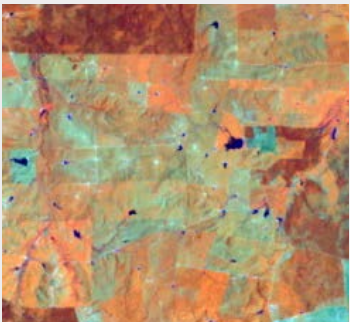






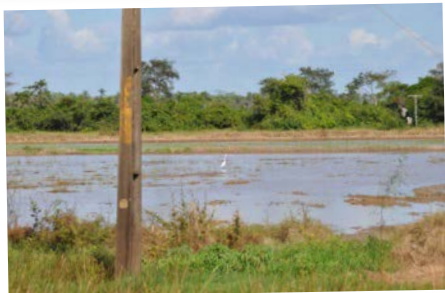


Figura 4. Cena segmentada em processo de classificação no QGIS. Polígonos com preenchimento na cor amarela (canto superior esquerdo da imagem) representam áreas de agricultura. Polígonos sem preenchimento representam as áreas antropizadas que terão seu uso identificado.

Cabe ressaltar que, nesta etapa, foi classificado o uso da terra das áreas antropogênicas de todo o estado, informação não disponibilizada por TerraClass, Prodes e PMDBSS. Para essa classificação, foi elaborada uma chave de interpretação com informações auxiliares de classe: agricultura, pastagens, silvicultura, área de influência urbana e corpos d'água.

Na chave de interpretação (Tabela 2), baseada nas chaves de interpretação desenvolvidas por Espírito-Santo et al. (2003) e Gomes et al. (2012), foram utilizadas informações acerca de características visuais da imagem de satélite, tons, texturas e formas geométricas. Também foram utilizadas, como informações adicionais, as séries temporais de EVI-2 (JIANG et al., 2008) disponibilizadas pelo Inpe (FREITAS et al., 2011; INPE, 2012).

Tabela 2. Exemplos das classes de uso e cobertura da terra identificadas nas imagens TM/ Landsat, R(4) G(5) B(3).

| Classe | Imagem Landsat | Fotografia |
|-------------------|---|--|
| Agricultura |  |  |
| Pastagem |  |  |
| Silvicultura |  |  |
| Influência urbana |  |  |
| Corpos d'água |  |  |

Fotos: Flávia Bussaglia Fiorini e Fabio Enrique Torresan

Para auxílio na interpretação visual e classificação do uso da terra, foram utilizadas as imagens do satélite RapidEye referentes ao ano de 2011, que foram adquiridas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para todo o território nacional, e que puderam ser utilizadas por meio de um convênio celebrado entre o MMA e a Embrapa. Essas imagens têm resolução espacial de 5 m, superior ao produto obtido pelo Landsat TM, que apresenta resolução espacial de 30 m (Figura 5), e que confere maior precisão na identificação dos alvos observados. Outras fontes de informação importantes para a classificação dos polígonos segmentados foram as disponibilizadas no projeto TerraClass, principalmente no que diz respeito às áreas de pastagens e suas subclasses.

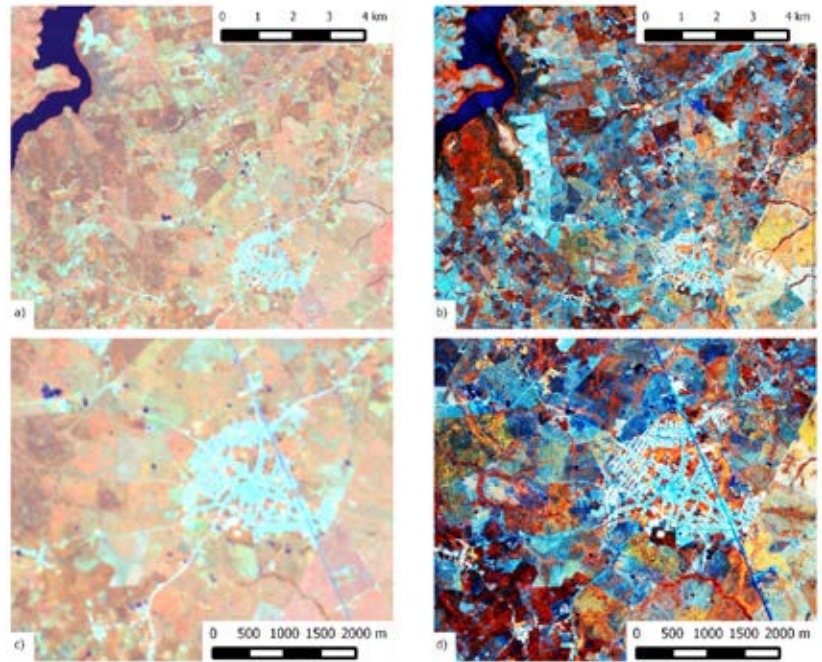


Figura 5. Comparação entre a representação dos arredores da cidade de Pío XII, no Maranhão, com uso de imagens (a) Landsat TM, com 30 m de resolução espacial, e (b) RapidEye, com 5 m de resolução, respectivamente, ampliadas em (c) e (d) sobre a área da mesma cidade.

O fluxograma detalhando os passos envolvidos na obtenção do mapa de uso e cobertura das terras do Maranhão é apresentado na Figura 6.

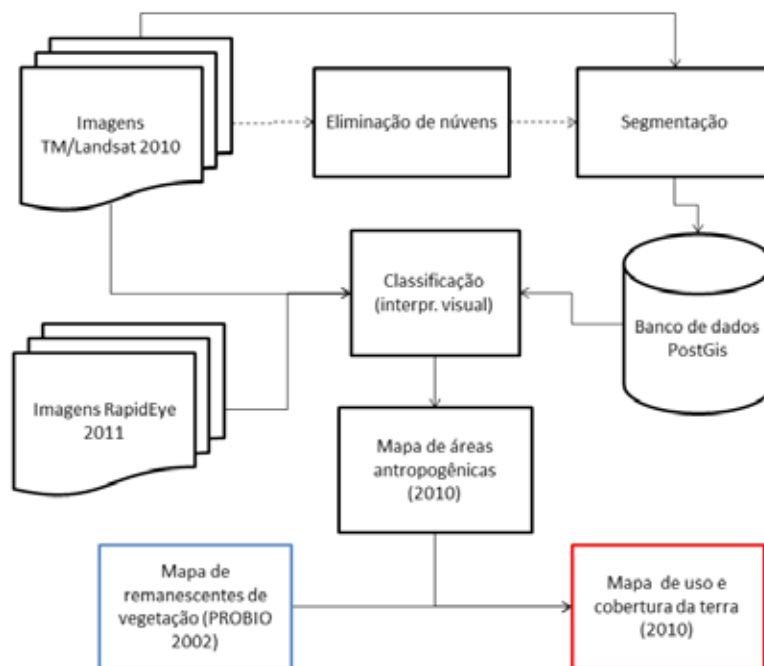


Figura 6. Fluxograma da metodologia para a geração do mapa de uso e cobertura da terra do Estado do Maranhão.

Conclusão

O uso e cobertura da terra é condicionado pelas atividades econômicas vigentes na sociedade, e constitui o reflexo do modo de produção existente. A proposta de mapeamento de uso e cobertura da terra concatenada ao projeto MacroZEE do Maranhão mostrou-se eficiente, pois forneceu atualização das classes de uso e cobertura da terra para o ano de 2010, na escala de 1:250.000. O método proposto utiliza de maneira eficiente bases de dados existentes, criando um novo e único acervo de dados de uso e cobertura da terra para o Estado do Maranhão. A perspectiva do método é promissora, visto que ele pode ser replicado com relativa facilidade, uma vez que os aplicativos utilizados e as imagens Landsat podem ser obtidos sem custo para o usuário.

Referências

- ANDERSON, L. O. A. **Classificação e monitoramento da cobertura vegetal de Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS**. 2004. 247 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/08.31.13.56>>. Acesso em: 15 ago. 2013.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; ESPIRITO-SANTO, F. D. B.; WILLIAMS, M. Integração de dados geo-espaciais para o mapeamento de unidades da paisagem na região do Tapajós. **Geografia**, Rio Claro, v. 30, n. 3, p. 583-593, 2005.
- BRASIL. Casa Civil. **Decreto Nº 4.297, de 10 de julho de 2002**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm>. Acesso em: 30 out. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Edital Probio 02/2004. **Projeto executivo B.02.02.109. Mapeamento de cobertura vegetal do Bioma Cerrado**: relatório final. Brasília, DF, 93 p. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetação/vegetação2002/cerrado/documentos/relatorio_final.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2013.
- BROWN, J. C.; KASTENS, J. H.; COUTINHO, A. C.; VICTORIA, D. C.; BISHOP, C. R. Classifying multiyear agricultural land use data from Mato Grosso using time-series MODIS vegetation index data. **Remote Sensing of Environment**, v. 130, p. 39-50, 2013.
- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal. 1996. In: INPE. **PRODES**: banco de dados. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: 08 jul. 2012.
- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia legal**. São José dos Campos: INPE, 2006. 24 p. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2009.
- COURA, S. M. C. **Mapeamento de vegetação do estado de Minas Gerais utilizando dados MODIS**. 2006. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/12.21.13.36>>. Acesso em: 15 ago. 2013.
- DIAS, J. E.; GOMES, O. V. O.; RODRIGUES, A. F.; GARCIA, J. M. P.; GOES, M. H. B. Aplicação do mapa digital de uso do solo e cobertura vegetal. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 1., 2002, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju: SRGSR, 2002. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/poster03.PDF>>. Acesso em: 11 dez. 2007.
- ESCOBAR, I. P.; OLIVEIRA, S. A. M.; LIMA, S. P. S.; PRADO, R. L.; FERREIRA, A. T. A. Reprocessamento digital das imagens SLAR geradas pelos projetos RADAM e RADAMBRASIL - projeto RADAM-D. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4395-4398. 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.10.17>>. Acesso em: 30 out. 2013.
- ESPIRITO-SANTO, F. D. B. **Caracterização e mapeamento da vegetação da região da floresta nacional de Tapajós através de dados óticos, de radar e inventários florestais**. 2003. 277 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/12.09.13.07>>. Acesso em: 30 out. 2013.
- FREITAS, R. M.; ARAI, E.; ADAMI, M.; FERREIRA, A. S.; SATO, F. Y.; SHIMABUKURO, Y. E.; ROSA, R. R.; ANDERSON, L. O.; RUDORFF, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v. 2, n. 1, p. 57-68, 2011.
- GOMES, D.; MACORANO, R. P.; SILVA, G. B. S.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C. **Interpretação de alvos a partir de imagens de satélite de média resolução espacial**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. 24 p. (Circular Técnica, 21).

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2013.
- IBAMA. Instituto Brasileiro dos Recursos Naturais Renováveis. **Projeto de monitoramento do desmatamento dos Biomas brasileiros por satélite – PMDBBS**. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/index.htm>>. Acesso em: 28 out. 2013.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Mapeamento da degradação florestal na Amazônia brasileira - DEGRAD**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/degrad/>>. Acesso em: 01 out. 2013a.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto TerraClass**. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraClass2010.php>. Acesso em: 01 out. 2013b.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Séries temporais**. Disponível em: <<https://www.dsr.inpe.br/laf/series/index.html>>. Acesso em: 12 out. 2012.
- JENSEN, J. R. **Remote sensing of the environment: an earth resource perspective**. New Jersey: Prentice-Hall, 2000. 544 p.
- JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p. 3833–3845, out. 2008.
- LIMA, A.; SILVA, T. S. F.; ARAGÃO, L. E. O. C.; FREITAS, R. M.; ADAMI, M.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E. Land use and land cover changes determine the spatial relationship between fire and deforestation in the Brazilian Amazon. **Applied Geography (Sevenoaks)**, v. 34, p. 239-246, 2012.
- NASCIMENTO, P. S. R.; ALMEIDA FILHO, R. Utilização da técnica de segmentação em imagens TM/Landsat visando otimizar a técnica de interpretação visual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. p. 215-218. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.09.30>>. Acesso em: 24 jul. 2010.
- PELOSO, B. D. A.; SHIMABUKURO, Y. E. Caracterização de unidades geo-botânicas do Parque Nacional da Serra do Cipó (MG) através da integração de imagens ópticas e modelo digital de elevação. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, n. 1, p. 103-118, mar. 2010.
- REFRACTIONS. **PostGIS introduction and case studies**. Disponível em: <<http://www.refrations.net/expertise/whitepapers/postgis-case-studies/postgis-case-studies.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2013.
- SANO, E. E.; LIMA, C. A.; BEZERRA, H. S. Mapeamento semi-automatizado de fitofisionomias do Cerrado com imagens Landsat: vantagens e limitações. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O CERRADO, 2008, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; ARAI, E.; FREITAS, R. M.; VALERIANO, D. M.; LIMA, A.; BROWN, I. F.; MALDONADO, M. L. R. Fraction images derived from Terra Modis data for mapping burnt areas in Brazilian Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, p. 1537-1546, 2009.
- SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F. T.; PONZONI, F. J. A cobertura vegetal vista do espaço: uma ferramenta para a preservação. **Floresta e ambiente**, v. 5, n. 1, p. 195-198, jan. 1998. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/revista/pdf/Vol5%20195A198.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2007.
- SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; MOREIRA, M. A.; ARAI, E.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, R. F.; LIMA, A.; ARAGÃO, J. R. L. **Deteção de áreas desflorestadas em tempo real (Projeto DETER) para os anos de 2005 e 2006**. São José dos Campos: INPE, 2005.
- SILVA, G. B. S.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; SANO, E. E. Monitoramento e detecção de desmatamentos no Bioma Cerrado matogrossense utilizando imagens de multisensores. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 15., 2011, Curitiba, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 2849-2855.
- VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens—fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 3, p. 487-493, jul./set. 2004.
- VELLOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 1991. 123 p.
- UEMA. Universidade do Estado do Maranhão. **Atlas do Maranhão**. São Luís, 2002.
- ZHU, Z.; WOODCOCK, C. E. Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 118, p. 83-94, 2012.



Monitoramento por Satélite